

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

(11) N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 621 132

(21) N° d'enregistrement national : 87 13812

(51) Int Cl⁴ : G 01 S 11/00; G 08 C 15/04.

(12)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 30 septembre 1987.

(71) Demandeur(s) : AGENCIA SPATIALE EUROPÉENNE, ORGANISATION INTERGOUVERNEMENTALE. — FR.

(30) Priorité :

(72) Inventeur(s) : Gerardus Willebrordus Drewes ; Manfred Werner Otter.

(43) Date de la mise à disposition du public de la demande : BOPI « Brevets » n° 13 du 31 mars 1989.

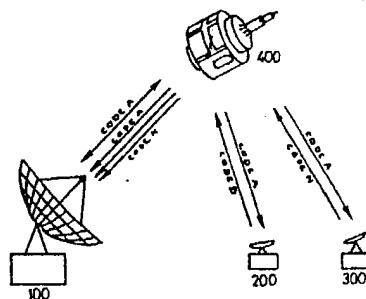
(73) Titulaire(s) :

(60) Références à d'autres documents nationaux apparentés :

(74) Mandataire(s) : François Hagry.

(54) Procédé et dispositif de mesures de distances.

(57) Dans un système servant à déterminer la position orbitale d'un spationef, le signal de mesure de distances code A, code B, code N transmis entre une station terrienne 100 et le spationef 400 est produit par modulation d'une suite d'impulsions pseudo-aléatoires à cadence élevée avec une information binaire à cadence lente, puis chaque impulsion est séparée en deux demi-impulsions et chaque seconde demi-impulsion est inversée. L'acquisition du signal de mesure retransmis par le spationef dans une station terrienne, se fait en comparant le signal reçu à une réplique locale du code et le signal de différence est utilisé pour contrôler un glissement entre le code local et le signal reçu afin d'établir le synchronisme entre ces signaux. Ce procédé permet de transmettre un signal de communication en même temps que plusieurs signaux de mesure sur la même fréquence porteuse avec une interférence mutuelle négligeable.



FR 2 621 132 - A1

D

La présente invention concerne un système pour mesurer la distance entre une ou plusieurs stations terriennes et un spationef ou satellite afin de déterminer la position orbitale du spationef.

5

Pour effectuer cette mesure de distances, une station terrienne transmet un signal de mesure de distances vers le spationef dans la bande des hyperfréquences et le spationef retransmet ce signal à la station terrienne ou une station terrienne principale qui le traite par des moyens électroniques. Les systèmes de mesure de distances couramment utilisés peuvent être divisés en deux groupes principaux, à savoir: les systèmes à fréquences audibles et les systèmes à codes. Les systèmes de mesure de distances à fréquences audibles travaillent avec un ensemble de fréquences distinctes et concentrent la majeure partie de l'énergie du signal dans des bandes de fréquences plutôt étroites. En raison de la grande possibilité d'interférences, aucune transmission simultanée n'est possible dans la même bande de fréquences.

10

15

20

Les systèmes de mesure de distances à codes sont basés sur la modulation d'un signal audible ou un signal numérique à faible cadence avec un code à cadence élevée

de manière à répartir l'énergie du signal uniformément sur une large bande de fréquences. Le code peut être un signal à profil sélectionné afin de satisfaire à d'autres exigences.

5

Dans les systèmes connus, le signal de mesure de distances est produit habituellement en utilisant un code, dit code NRZ (Non Retour Zéro) qui se caractérise par un format binaire dans lequel il n'y a pas de retour à zéro entre chaque impulsion. Lorsqu'un tel signal de mesure se trouve reçu dans une station terrienne, il donne lieu à un signal ayant une densité spectrale maximale au voisinage de la fréquence centrale de la bande hyperfréquence de sorte qu'il n'est guère possible de transmettre simultanément sur la même fréquence porteuse, un signal de communication entre la station terrienne et le spationef sans altérer considérablement le signal de communication car la discrimination à la réception est difficile.

10

15
L'invention a pour objet un procédé et un dispositif de mesure de distances qui permet la transmission simultanée d'un signal de communication et de plusieurs signaux de mesure sur une même fréquence porteuse.

20

25
Le procédé selon l'invention se caractérise en ce que chaque impulsion du signal de mesure de distances produit est séparée en deux demi-impulsions et en ce que la seconde demi-impulsion est inversée avant la transmission dudit signal de mesure de distances par la station terrienne.
30
Lorsque le signal de mesure de distances retransmis par le spationef est reçu dans une station terrienne, l'acquisition de ce signal se fait en le comparant à un code local afin de produire un signal de différence lorsque 35
les signaux comparés ne sont pas synchrones, le signal de

différence servant à commander le glissement du code local par rapport au signal reçu de manière à réduire la différence temporelle entre les deux signaux et rétablir pratiquement le synchronisme entre le code local et le signal de mesure reçus.

Le dispositif selon l'invention qui comprend des circuits d'émission et de réception de signaux, connus en soi, connectés à une antenne hertzienne, et un modem qui 10 comporte un générateur de code pour produire un signal de mesure de distances par modulation d'une suite d'impulsions pseudo-aléatoires à cadence élevée avec une information binaire à cadence lente, le signal de mesure de distances comprenant une suite d'impulsions, se caractérise en ce 15 que ledit modem comprend en outre un dispositif convertisseur agencé pour séparer chaque impulsion du code NRZ produit par le générateur de code en deux demi-impulsions et pour inverser la seconde demi-impulsion avant la transmission du signal de mesure de distances par la station 20 terrienne.

Le modem comprend en outre un circuit d'acquisition comprenant un moyen pour comparer le signal de mesure de distances reçu avec un code local afin de produire un signal de différence lorsque le signal reçu et le code local ne sont pas synchrones, et un détecteur répondant 25 au signal de différence pour commander un circuit de commande d'horloge qui contrôle le générateur de code de manière à produire un glissement entre le code local et le signal reçu et rétablir pratiquement le synchronisme entre les deux signaux. Plusieurs modems peuvent 30 être prévus, chaque modem étant destiné à l'acquisition d'un signal de mesure de distances distinct.

L'invention est exposée dans ce qui suit à l'aide des dessins ci-annexés. Dans ces dessins:

- . La figure 1 est un schéma d'ensemble d'un système de mesure de distances,
- 5 . la figure 2 montre le format binaire d'un exemple de signal de mesure de distances selon l'invention utilisé dans un système tel que schématisé dans la figure 1,
- . la figure 3 est un schéma général du dispositif de mesure de distances dans la station terrienne principale du système selon la figure 1,
- 10 . la figure 4 est un schéma d'un mode d'exécution exemplaire du modem de mesure de distances selon l'invention,
- . les figures 5, 6 et 7 sont des diagrammes illustrant les performances réalisées grâce au système selon l'invention.

15 Se reportant à la figure 1 on voit illustré schématiquement l'ensemble d'un système de mesure de distances comprenant plusieurs stations terriennes 100, 200, 300 et un spationef ou satellite artificiel 400. Parmi les stations terriennes, 20 l'une est la station terrienne principale 100 et les autres sont des appareils de réponse terriens 200, 300 ou transpondeurs. La station terrienne principale 100 transmet un signal de mesure de distances ou code A vers le spationef ou satellite 400 et celui-ci, après acquisition du signal, 25 le retransmet vers la station terrienne 100 ainsi que vers chacun des appareils de réponse terriens 200, 300. Après acquisition du code A, chaque appareil de réponse terrien répond en transmettant vers le spationef 400 un code distinct (code B, code N) et le spationef 400 retransmet 30 chacun de ces codes vers la station terrienne 100 où chaque signal est traité en vue de déterminer la position orbitale du spationef.

35 Le signal de mesure est un signal codé produit en modulant une suite d'impulsions pseudo-aléatoires à cadence élevée

par une information binaire à cadence lente. Le signal code comprend habituellement plusieurs milliers d'impulsions. Un nombre d'impulsions de 8191 est recommandable car 8191 est un nombre primaire et l'orthogonalité du

5 code obtenu est par conséquent optimale, avec pour résultat une inter-corrélation minimum avec d'autres codes. Le signal codé est transmis par l'intermédiaire de l'antenne après transposition dans la bande hyperfréquence au moyen d'une modulation avec une fréquence porteuse choisie.

10

Dans les systèmes antérieurs, le signal de mesure de distances est produit en adoptant un format binaire, dit code NRZ, dans lequel il n'y a pas de retour à zéro entre chaque impulsion (c'est-à-dire un format dans lequel un "1" est représenté par le niveau maximal pendant toute la durée de l'impulsion et un "0" est représenté par le niveau minimum). Ce type de code donne lieu, à la réception de la bande de base dans une station terrienne, à un signal ayant une densité spectrale maximale au voisinage de la

15 fréquence centrale de la bande hyperfréquence. Il en résulte, comme dit plus haut, qu'il n'est guère possible de transmettre un tel code en même temps qu'un signal de communication sur la même fréquence porteuse sans altérer considérablement le signal de communication.

20

25

Dans le système selon l'invention, le signal de mesure est produit en adaptant un nouveau format binaire. Ce format que l'on appellera code SPL (Split Phase Level), est obtenu par conversion du code NRZ de telle manière que chaque impulsion avant conversion soit séparée en deux demi-impulsions déphasées l'une de l'autre de 180° , c'est-à-dire que chaque seconde demi-impulsion est inversée. La figure 2 illustre la forme d'onde du signal SPL résultant de la conversion d'une suite d'impulsions exemplaire 101100 représentée par l'onde NRZ. Dans le système selon l'invention, chaque

30

35

station terrienne transmet donc un code SPL vers le spationef (par exemple le code A par la station 100, le code B par la station 200, le code N par la station 300 de la figure 1) et le spationef, après acquisition, 5 le retransmet comme décrit plus haut.

Lorsque le code retransmis par le spationef est reçu dans une station terrienne, l'acquisition du signal reçu se fait en le comparant à une réplique locale du code SPL 10 et le résultat de la comparaison est détecté pour contrôler un glissement entre le code SPL local et le signal reçu afin d'établir le synchronisme entre les deux signaux.

La figure 3 montre un schéma général du dispositif de mesure de distances selon l'invention dans la station 15 terrienne principale. Le dispositif comprend essentiellement un modem de mesure de distances pour chaque code à recevoir ainsi que les équipements intermédiaires usuels pour la liaison avec l'antenne A. Pour le système exemplaire 20 illustré à la figure 1, la station principale 100 comprend les modems de mesure de distances 10A, 10B, 10N correspondant aux codes A, B...N. Les équipements de liaison avec l'antenne comprennent essentiellement les circuits de transposition usuels: un circuit d'émission EM pour 25 transposer le code SPL dans la bande hyperfréquence et un circuit de réception REC pour transposer le signal reçu dans la bande intermédiaire IF. Seul le modem 10A est connecté au circuit d'émission puisque la station terrienne principale 100 transmet le code A. Par contre, 30 le circuit de réception est connecté à chacun des modems 10A, 10B, 10N. Chaque modem est également connecté à un compteur d'intervalle de temps 20 pour la commande d'une unité de traitement de données 30.

35 Un schéma général d'un mode d'exécution exemplaire du modem de mesure de distances selon l'invention est montré dans la figure 4. Un générateur de code 5, connu en soi,

produit un code NRZ par modulation d'une suite d'impulsions pseudo-aléatoires à cadence élevée avec une information binaire à cadence lente et un convertisseur 6 est agencé pour séparer chaque impulsion du code NRZ produit par le générateur 5 en deux demi-impulsions et pour inverser la seconde demi-impulsion conformément au procédé selon l'invention. A la sortie du convertisseur 6 est ainsi produit un signal de mesure de distances ayant le format binaire du code SPL selon l'invention. Ce signal SPL est appliqué au circuit d'émission EM pour transmission par l'antenne.

Le signal de mesure de distances reçu dans la station terrienne, après transposition à une fréquence intermédiaire IF, est appliqué à deux circuits 101 et 102: le circuit 101 constitue une boucle d'accrochage pour la commande du générateur d'horloge 15, le circuit 102 constitue un circuit d'acquisition ou de synchronisation pour le réglage des impulsions d'horloge produites par l'oscillateur 15. Le circuit d'accrochage 101 contient un mélangeur 1 pour comparer le signal IF à un signal DC qui est la différence entre les bits du code SPL séparés l'un de l'autre de deux positions binaires. Les circuits 7 sont des circuits de retard qui retardent les bits d'une position binaire. Le filtre 3 est un filtre passe-bande étroit qui laisse passer un signal dont le niveau dépasse le niveau du bruit si le code reçu et le code local sont en phase.

Le circuit d'acquisition 102 contient un mélangeur 2 pour comparer le signal IF avec le code SPL local. Le signal de sortie du mélangeur 2 représente la différence entre le signal reçu et le code SPL local. Le filtre 4 est un filtre passe-bande étroit qui laisse passer un signal dont le niveau dépasse le niveau du bruit si le code reçu et le code local sont en phase.

Le signal de différence DIF, après mise en forme carrée dans un mélangeur 11, est reçu dans un détecteur de seuil 12. Le signal de différence DIF à l'un ou l'autre de deux états selon que le code reçu et le code local sont synchrones ou non et le détecteur de seuil 12 répond 5 selon l'état du signal qu'il reçoit. Lorsque le signal DIF a l'état qui indique que le code local et le code reçu sont synchrones, le détecteur 12 ferme le commutateur 17 de la boucle d'accrochage et l'oscillateur d'horloge 15 10 est alors commandé par le signal de la boucle d'accrochage 101 via le mélangeur 18.

Par contre, lorsque le signal DIF a l'état qui indique 15 que le code local et le code reçu ne sont pas synchrones, le détecteur 12 applique un signal au circuit de commande d'horloge 13 qui contrôle la production du signal d'horloge engendré par l'oscillateur 15: le circuit de commande d'horloge 13 commande alors le diviseur-par-N 14 afin que soient ajoutées des impulsions au signal d'horloge de manière 20 à produire un glissement entre le code local et le code reçu et rétablir le synchronisme entre ces signaux. Le synchronisme peut être considéré comme atteint lorsque la différence temporelle entre le code local et le code reçu n'est plus qu'une fraction prédéterminée d'une 25 impulsion. A ce moment, le détecteur 12 cesse de contrôler le circuit de commande d'horloge 13 et ferme le commutateur 17: l'oscillateur 15 est alors commandé par le signal de la boucle d'accrochage 101.

30 Revenant à la figure 3, la station terrienne principale 100 reçoit chaque code retransmis par le spationef dans un modem distinct. Après acquisition du code reçu comme décrit ci-dessus, chaque modem 10 actionne un compteur d'intervalle de temps 20 pour la commande de l'unité de traitement de 35 données 30 en vue de la détermination de la position orbitale du spationef, d'une manière connue en soi.

Dans chaque appareil de réponse terrien, par exemple les appareils 200 et 300 de la figure 1, l'équipement comprend un modem de mesure de distances 10 seulement et les circuits de transposition usuels pour la liaison avec l'antenne hertzienne. En réponse à l'acquisition du code A reçu du spationef, le modem 10 produit un code SPL distinct qui, après transposition usuelle, est transmis au spationef, par exemple le code B transmis par le transpondeur 200 ou le code N transmis par le transpondeur 300.

10

Par rapport aux systèmes à codes antérieurs, le système selon l'invention présente plusieurs avantages qui peuvent être résumés comme suit:

15

a) La densité spectrale du signal de mesure de distances est minimale au voisinage de la fréquence centrale de la bande de transmission. La figure 5 montre un exemple de courbes de densité spectrale à la réception du signal de mesure de distances dans la station terrienne principale pour un signal en code SPL selon l'invention et pour un signal en code NRZ classique. En abscisses sont portés les écarts de fréquence autour de la fréquence porteuse (fréquence 0). L'axe des ordonnées porte une échelle de niveaux relatifs du signal en décibels. On voit que la courbe NRZ présente son maximum au voisinage de la fréquence centrale 0; par contre, la densité spectrale pour le signal SPL se traduit par une courbe SPL qui se développe de part et d'autre de la fréquence centrale 0. Cette densité spectrale minimale au voisinage de la fréquence centrale permet la transmission simultanée d'un signal de communication et du signal de mesure de distances par la station terrienne principale sur la même fréquence porteuse avec une interférence mutuelle négligeable.

20
25

Le système selon l'invention procure ainsi un gain de performance appréciable et l'on observe que ce gain

30
35

atteint un maximum dans la région de la bande de fréquences relative qui est pratiquement souvent disponible pour le signal de communication par suite du fait que les transpondeurs ont des bandes de fréquences plus larges que celle qui est réellement nécessaire pour le signal communication. La localisation de ce maximum dépend du rapport de puissance entre le signal de communication et le signal de mesure de distances (PC/PR). La figure 6 montre des courbes de gain de performance en décibels en fonction de la bande de fréquences de mesure pour plusieurs rapports de puissance PC/PR. Ce diagramme montre que pour des rapports intéressants en pratique (PC/PR supérieur à cinq), le gain de performance peut atteindre plusieurs décibels, ce qui est considérable compte tenu des tolérances souvent faibles des signaux de communication.

b) Le gain de performance augmente avec le nombre de liaisons terre-spatiale, ce qui rend le système encore plus attrayant lorsqu'il intéresse plus d'une station terrienne.

c) La précision de mesure de distance est améliorée pour une même puissance et une même largeur de bande par suite d'un pouvoir de discrimination plus élevé. La figure 7 montre à titre de comparaison des courbes de discrimination exemplaires d'un signal NRZ et d'un signal SPL. Ces courbes sont dérivées par corrélation d'un signal reçu avec une réplique avancée et retardée du code. Les courbes montrent une amélioration, par un facteur 1,5, de la discrimination du signal SPL selon l'invention par rapport au signal NRZ classique.

REVENDICATIONS

1. Procédé pour mesurer la distance entre une ou plusieurs stations terriennes et un spationef, dans lequel un signal de mesure de distances est transmis par une station terrienne principale vers le spationef puis retransmis vers la station terrienne principale dans laquelle le signal est acquis et traité en vue de la détermination de la position orbitale du spationef, le signal de mesure de distances étant produit par modulation d'une suite d'impulsions pseudo-aléatoires à cadence élevée avec une information binaire à cadence lente, ledit signal de mesure de distances comprenant une suite d'impulsions, caractérisé en ce que chaque impulsion du signal de mesure de distances produit est séparée eu deux demi-impulsions et en ce que la seconde demi-impulsion est inversée avant la transmission dudit signal de mesure de distances (code A, code B, code N) par la station terrienne.
2. Procédé selon la revendication 1; caractérisé en ce que, lorsque le signal de mesure de distances (code A, code B, code N) retransmis par le spationef, est reçu dans une station terrienne, ce signal est comparé à un code local (SPL) afin de produire un signal de différence (DIF) lorsque les signaux comparés ne sont pas synchrones, le signal de différence servant à commander le glissement du code local (LOC) par rapport au signal reçu de manière à réduire la différence temporelle entre les deux signaux et rétablir pratiquement le synchronisme entre le code local et le signal de mesure reçu.
3. Dispositif de station terrienne pour système servant à mesurer la distance entre une ou plusieurs stations terriennes et un spationef, comprenant des circuits

d'émission et de réception de signaux, connus en soi,
connectés à une antenne hertzienne, et un modem qui
comporte un générateur de code pour produire un signal
de mesure de distances par modulation d'une suite d'im-
pulsions pseudo-aléatoires à cadence élevée avec une
information binaire à cadence lente, le signal de mesure
de distances comprenant une suite d'impulsions, caractérisé
en ce que le modem comprend en outre un dispositif conver-
tisseur (6) agencé pour séparer chaque impulsion du code
(NRZ) produit par le générateur de code (5) en deux demi-
impulsions et pour inverser la seconde demi-impulsion
avant la transmission du signal de mesure de distances
(code A, code B, code N) par la station terrienne.

15 4. Dispositif selon la revendication 3, caractérisé en ce
que le modem comprend en outre un circuit d'acquisition
(102) comprenant un moyen (1) pour comparer le signal reçu
(code A, code B, code N) avec un code local (SPL) afin de
produire un signal de différence (DIF) lorsque le signal
reçu et le code local ne sont pas synchrones, et un détec-
teur (12) répondant au signal de différence (DIF) pour
commander un circuit de commande d'horloge (13) qui
contrôle le générateur de code (5) de manière à produire
un glissement entre le code local et le signal reçu et
rétablir pratiquement le synchronisme entre les deux signaux.

20 25 5. Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce
qu'il comprend plusieurs modems (10A, 10B, 10N), chaque
modem étant destiné à l'acquisition d'un signal de mesure
de distances distinct (code A, code B, code N).

2621132

FIG. 1

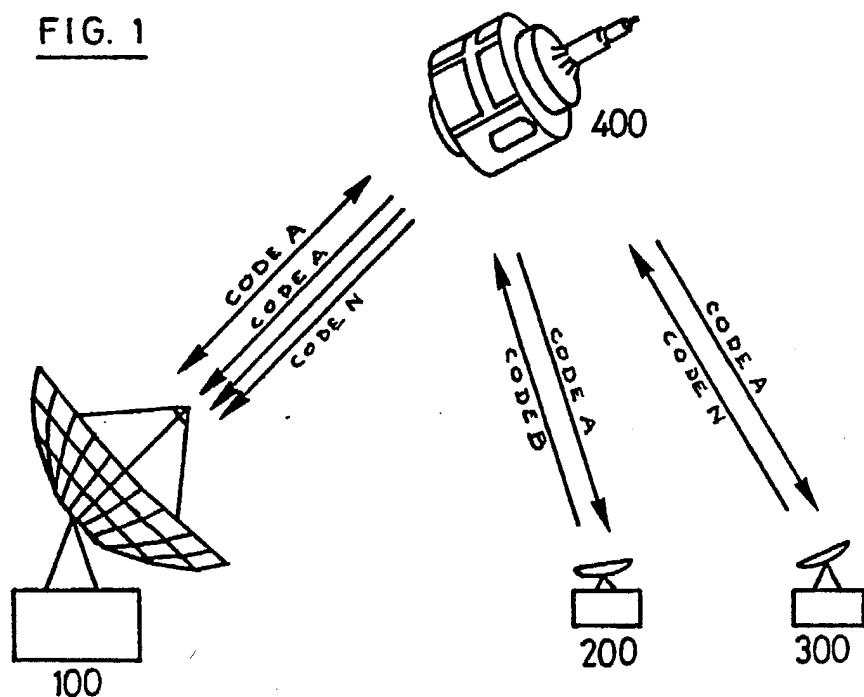
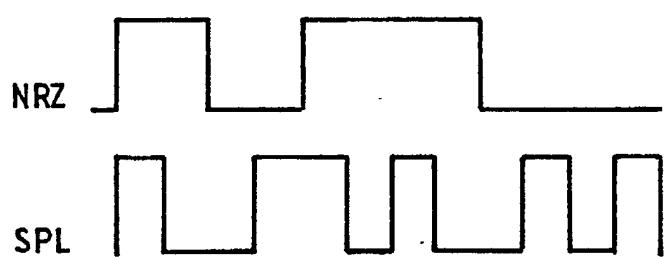
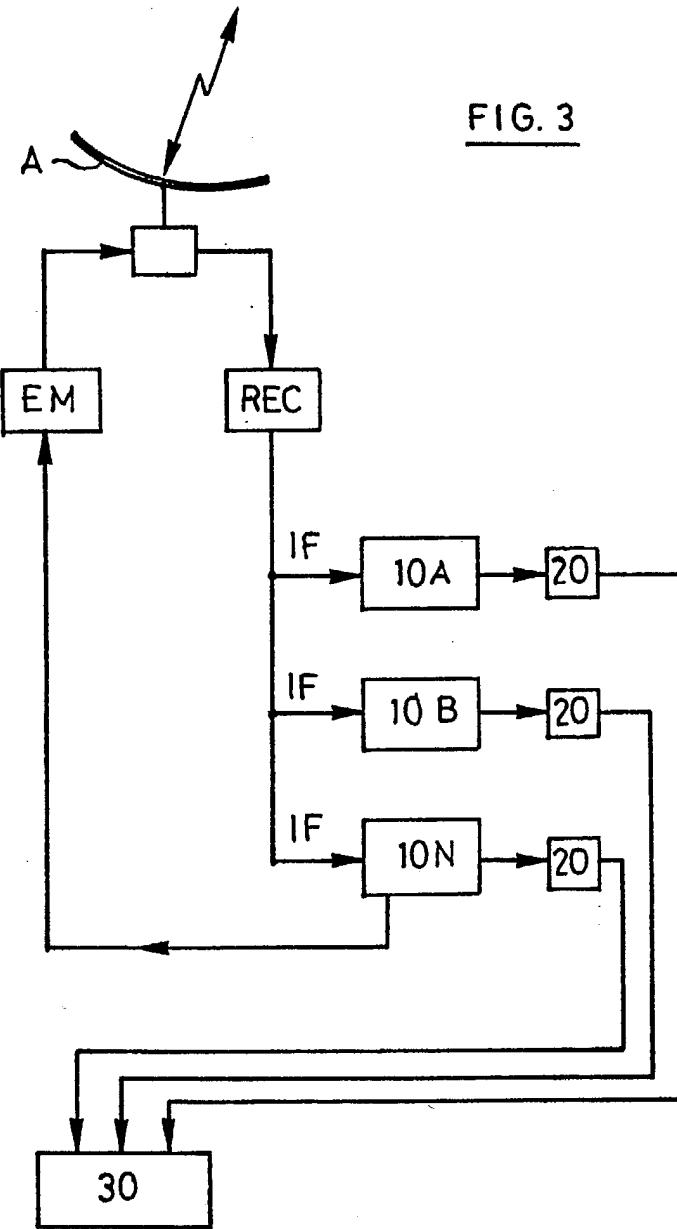
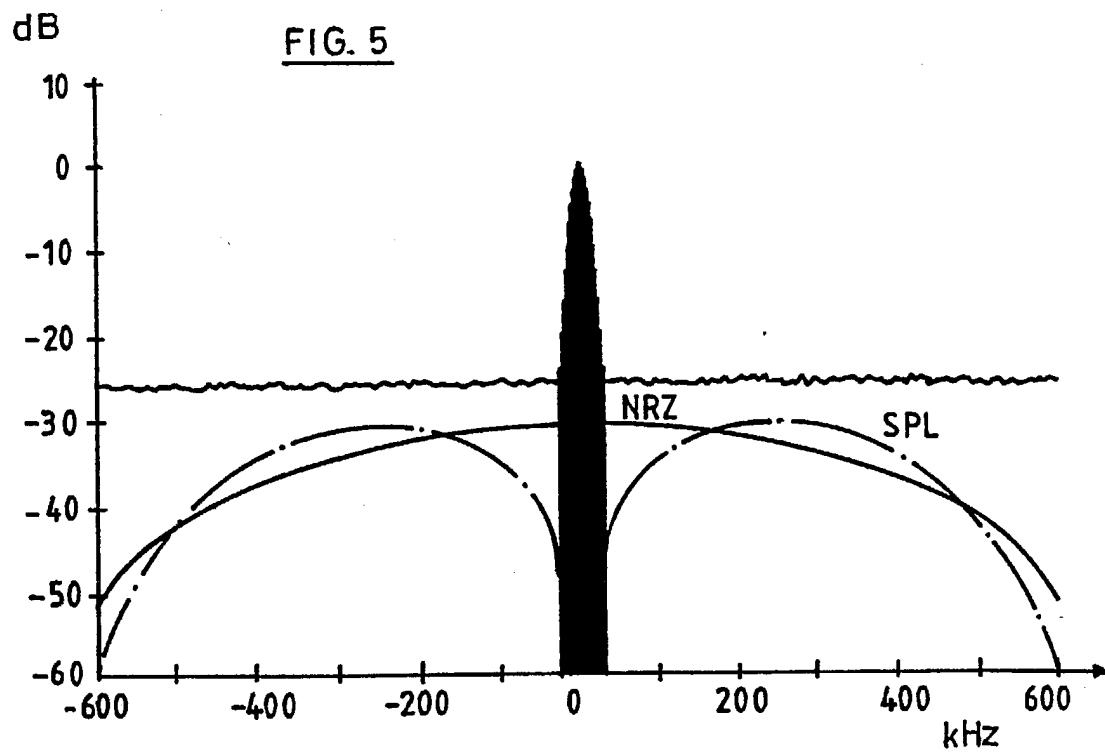
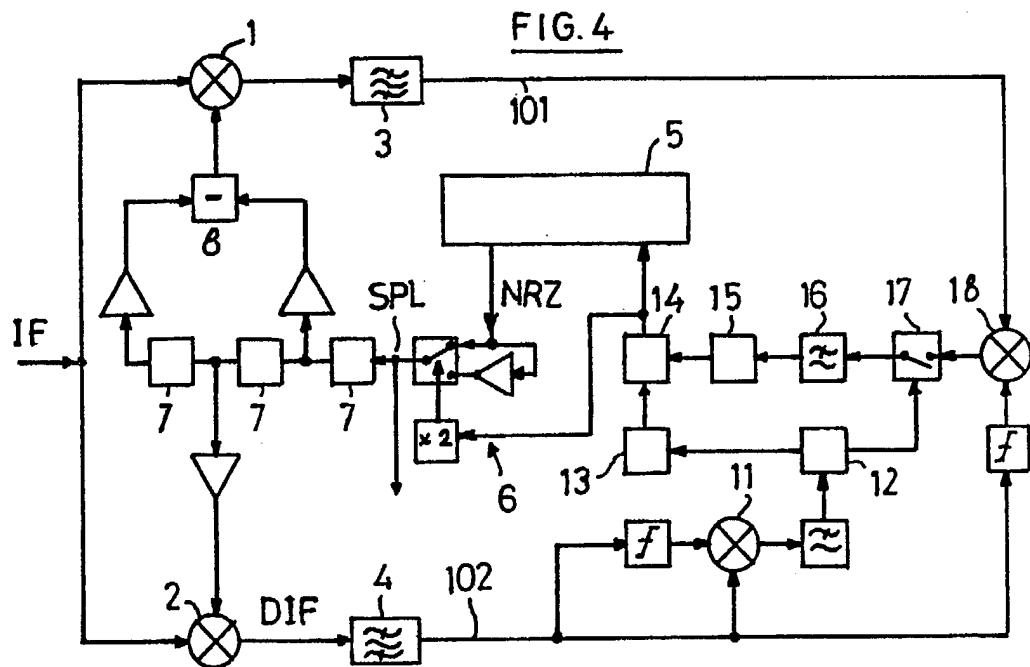


FIG. 2



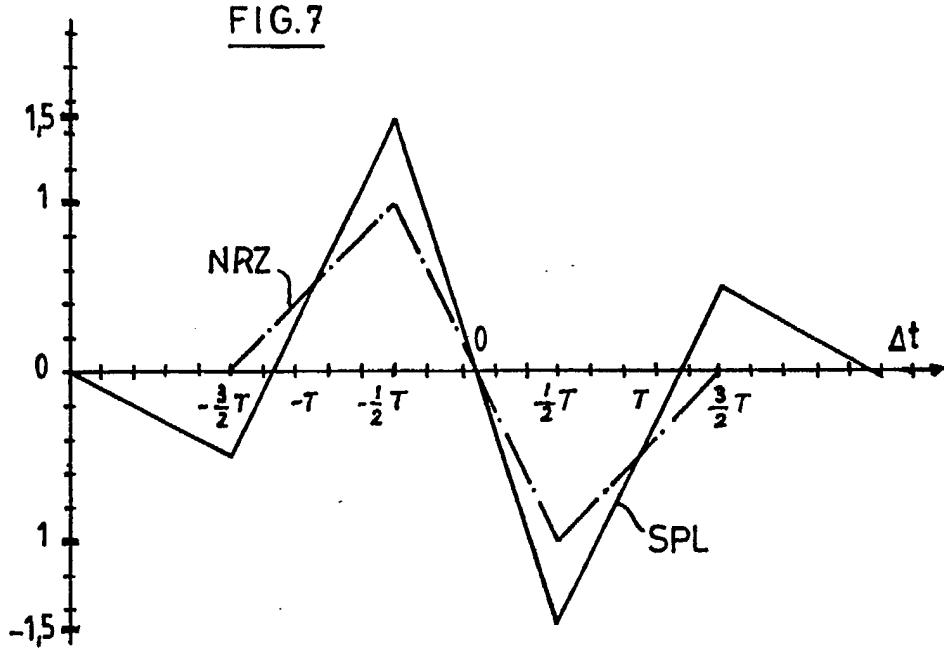


2621132



2621132

FIG.7



dB

FIG. 6

S/N = 15dB

